

Année 1963

THÈSE

86

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLÔME D'ÉTAT

par

Bernard COUTURE

Né le 7 Juillet 1936 à Saint-Etienne (Loire)

Présentée et soutenue publiquement le 8 Février 1963

ÉTUDE COMPARATIVE DE L'ÉLECTROCARDIOGRAMME
VENTRICULAIRE CHEZ DEUX TYPES D'ATHLÈTES :
SPRINTERS ET COUREURS DE LONGUES DISTANCES

Président :

Monsieur CHAILLEY-BERT

Professeur

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1963

THESE

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

DIPLOME D'ETAT

par

Bernard COUTURE

Né le 7 juillet 1936 à Saint-Etienne (Loire)

Présentée et soutenue publiquement le 8 février 1963

ETUDE COMPARATIVE DE L' ELECTROCARDIOGRAMME
VENTRICULAIRE CHEZ DEUX TYPES D'ATHLETES :
SPRINTERS ET COUREURS DE LONGUES DISTANCES

Président :

Monsieur CHAILLEY-BERT

Professeur



PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Aubin (A.), Bénard (H.), Bulliard (H.), Cadenat (F.), Chabrol (E.), Debré (R.), Fey (B.), Galliard (H.), Gastinel (P.), Halphen (E.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Lantuejoul (P.), Laroche (G.), Lavier (G.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Mathieu (P.), Mocquot (P.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulouguet (P.), Mouquin (M.), Olivier (E.), Pasteur Valléry-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Piédelièvre (R.), Quénu (J.), Richet (C.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.), Verne (J.).

DOYEN Léon BINET

Membre de l'Institut

1er ASSESSEUR Gaston CORDIER

2e ASSESSEUR Paul CASTAIGNE

I.- PROFESSEURS

1° CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Anatomie	DELMAS (A.)
Anatomie pathologique	DELARUE (J.)
Anesthésiologie	BAUMANN (J.)
Biochimie médicale	JAYLE (M.-F.)
	SCHAPIRA (G.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports	CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Cancérologie médicale et sociale	BERNARD (J.)
Embryologie	TUCHMANN (H.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie (Lariboisière)	JOANNON (P.)
Histologie	GIROUD (A.)
Hygiène et médecine préventive	BOYER (J.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	DEROBERT (L.)
Microbiologie (Bactériologie et virologie)	FASQUELLE (R.)
Parasitologie	BRUMPT (L., C.)
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
Pathologie exotique	N. . . .
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	N. . . .
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et thérapeutique générales	BOUDIN (G.)
Pharmacologie	CHEYMOL (J.)
Physiologie	BINET (L.)
	BARGETON (D.)
Physiologie et pathologie obstétricale	LEPAGE (F.)
Physique médicale	DOGNON (A.)
	DJOURNO (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	CAUCHOIX (J.)
Thérapeutique	CONTE (M.)
Thérapeutique appliquée	LAMOTTE (M.)

b) Professeurs à titre personnel :

Biochimie médicale	DESGREZ (P.)
Biologie médicale	POLONOVSKI (J.)
Hygiène et médecine préventive	BOURLIERE (F.)
	DEPARIS (M.)
Pharmacologie	LEVY (Mlle J.)
Physiologie	PARROT (J.)
Physique médicale	KELLERSHOHN (L.)

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)	REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)	SOULIE (P.)
Beaujon	LORTAT-JACOB (J.-L.)
Cochin	LEGER (L.)
Cochin	ABOULKER (P.)
Cliniques chirurgicales Hôtel-Dieu	PATEL (J.)
Pitié	CORDIER (G.)
Saint-Antoine	GOSSET (J.)
Salpêtrière	SICARD (A.)
Tenon	OLIVIER (Cl.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants, Malades)	FEVRE (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin) . .	MERLE d'AUBIGNE (R.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)	GAUDART d'ALLAINES (F. de)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire (Laennec)	MATHEY (J.)
Clinique endocrinologique (Pitié)	DECOURT (J.)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)	LAMY (M.)
Clinique gynécologique (Broca)	HUGUIER (J.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis) . . .	DEGOS (R.)
Clinique des maladies des Enfants (Enfants-Malades)	CATHALA (J.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne) .	DELAY (J.)
Clinique des maladies métaboliques (Necker)	HAMBURGER (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)	MARCHAL (G.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)	CASTAIGNE (P.)
Boucicaut	MILLIEZ (P.)
Broussais	LENEGRE (J.)
Cochin	JUSTIN-BESANCON (L.)
Cochin	BROUET (G.)
Cliniques médicales Hôtel-Dieu	BARIETY (M.)
Lariboisière	SEZE (S. de)
Pitié	DREYFUS (G.)
Saint-Antoine	KOURILSKY (R.)
Clinique d'hydrologie et de climatologie (Bichat)	DEBRAY (C.)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)	GENNES (L. de)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition (Hôtel-Dieu)	DEROT (M.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)	DAVID (M.)
Clinique neurologique (Salpêtrière)	GARCIN (R.)
Cliniques obstétricales Baudelocque	LACOMME (M.)
Foch (Suresnes)	MERGER (R.)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)	VARANGOT (J.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)	RENARD (G.)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	AUBRY (M.)
Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul) .	LELONG (M.)
Clinique de pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	MARIE (J.)
Clinique de pneumo-phtisiologie (Laennec)	BERNARD (E.)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	MICHAUX (L.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	COSTE (F.)
Clinique stomatologique (Pitié)	DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)	ROUX (M.)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)	LEMAIRE (A.)
Clinique toxicologique	GAULTIER (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique	PADOVANI (P.)
Séméiologie médicale	DOMART (A.)
Séméiologie et clinique chirurgicales	POILLEUX (F.)
Clinique urologique (Necker)	COUVELAIRE (R.)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)	TURPIN (R.)

b) Professeurs à titre personnel :

Médecine	BOUR (H.)
	LHERMITTE (F.)
	PEQUIGNOT (H.)

ET MAITRES DE CONFERENCES - AGREGES

	MM.		MM.
Anatomie	CABROL (C.) COUINAUD (C.) GILLOT (C.) OLIVIER (G.) pr. s. ch.	Obstétrique	ROBEY (M.) SENEZE (J.) SUREAU (C.) THOYER-ROZAT(J)
	GAUTHIER-VILLARS (Mlle P.) pr. s. ch.	Ophthalmologie	BREGEAT (P.) DUBOIS (A.) SARAUX (H.)
Anatomie pathologique	ABELANET (R.) CHOMETTE (G.) GOUYGOU(Ch.)m. conf. NEZELOFF (Ch.) ORCEL (L.) PAILLAS (J.)	Orthopédie	JUDET (R.) MEARY (R.) POSTEL (M.) RAMADIER (J.)
Anesthésiologie	KERN (E.) VOURC'H (G.) BARBIER (P.) pr. s. ch.	Oto-rhino-Laryngologie	DEBAIN (J.) PIALOUX (P.)
Bactériologie	CHRISTOL (D.) LE MINOR (L.) TOURNIER (P.)	Parasitologie	GOLVAN (Y.) LAPIERRE (J.)
	BAULIEU Et. m. conf. BOURILLON (R.) CARTIER (P.)		BARCAT (J.) BINET (J.-P.) CERBONNET (G.) CHATELIN (C.-L.)
Biochimie médicale	DREYFUS (J. Cl.) GONNARD (P.) KRUH (J.) JEROME (H.)	Pathologie chirurgicale	DUBOST (Ch.) DUBOST (Cl.) FAUREL (J.) FLABEAU (F.) GARBAY (M.) GARNIER (H.) (Cl. de) GAUDART-d'ALLAINES
Biologie appliquée à l'Education Physique et aux Sports	PLAS (F.)		GERMAIN (A.) LATASTE (J.) LOYGUE (J.) MERCADIER (M.) NATALI (J.) PELLERIN (D.) PERROTIN (J.) ROBERT (H.) THOMERET (G.)
Carcinologie	BOIRON (M.) DENOIX (P.) MATHE (G.) SELIGMANN (M.)		SCHNEIDER (J.)
Dermato-Syphiligraphie	CIVATTE (J.) DUPERRAT (B.)		BENHAMOU (J.-P.) BERTHAUX (P.) BOIVIN (P.) CROSNIER (J.) HARTMANN (L.) LOEPER (J.) Pr. s. ch. MAURICE (J.) MIKOL (Cl.) RICHET (G.)
Electro-Radiologie	LEDOUX-LEBARD (G.)	Pathologie exotique	
Hématologie	BESSIS (M.) BILSKI-PASQUIER (G.) DAUSSET (J.) DUHAMEL (G.)		
Histologie	COUJARD (R.) pr. s. ch. MAROIS (M.) RACADOT (J.)	Pathologie expérimentale	
Hydrologie	BESANCON (F.) CORNET (A.)		
Hygiène	BOYER (J.) pr. s. ch. BLANCHER (G.) CORRE-HURST (Mme L.) SAPIN-JALOUSTRE (H.)		AUSSANNAIRE (M.) BOUVIER (J.) BOUVRAIN (Y.) BRICAIRE (H.) BRISSAUD (H.) BROCARD (H.) BUGE (A.) CATINAT (J.) CHRETIEN (J.) COBLENTZ (B.) CONTAMIN (F.) COURY (C.) ETIENNE (J.-P.) FREZAL (J.) FRITEL (D.) HENNEQUET (A.) HIMBERT (J.) HOUSSET (E.) LAROCHÈ (Cl.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.) Pr. s. ch. DUPONT (V.) FOURNIER (E.) GUENIOT (M.) HADENGUE (A.)	Pathologie médicale	
Médecine légale	ALBAHARY (C.) PERTUISET (B.) LAPRESLE (J.)		
Médecine du travail	GRANJON (A.) HERVET (E.) LE LORIER (G.)		
Neuro-Chirurgie	LEVY (J.) MORIN (P.) MUSSET (R.)		
Neurologie			

Pathologie médicale	LESOBRE (R.)	Physique médicale . .	GREMY (F.) m.conf.
	LEVEQUE (B.)		MILHAUD (G.)
	MACREL (C.)		PELLERIN (P.)
	MOREAU (L.)		ROUCAYROL (J.-Cl.)
	NICK (J.)		TUBIANA (M.) m.conf.
Pneumo phtisiologie .	ROYER (P.)	Pneumo phtisiologie .	KREIS (B.)
	TOURNEUR (R.)		MEYER (A.)
	WOLFROMM (R.)		RENAULT (P.)
	LAFOURCADE (J.)		PICHOT (P.)
	LEPERCQ (G.)		DENIKER (P.)
Pédiatrie-Puériculture	MANDE (R.)	Psychiatrie	DUCHÉ (D.)
	MOZZICONACCI (P.)		FLAVIGNY (H.)
	POLONOVSKI (C.)		DELBARRE (F.)
	ROSSIER (A.)		pr. s.ch.
	VIALATTE (J.)		CERNEA (P.)
Pharmacologie	BOISSIER (J.)	Stomatologie	CHAPUT (Mme A.)
	LECHAT (P.)		m. c. agr.
	BARRES (G.)		GRELLET (M.)
	DEJOURS (P.) pr. s.ch.		CHASSAGNE (P.)
	DURAND (J.)		MARCHE (J.)
Physiologie	GIRARD m.conf.	Thérapeutique	AUVERT (J.)
	HUGELIN (A.)		MOULONGUET (A.)
	SCHERRER (J.)		QUENU (L.)
	CHANTEUR (J.)		
	GOUGEROT (L.) m.conf.		
Physique médicale ..	pr. s.ch.	Urologie	

III - PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES

CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent.

Anatomie	MM.	Clinique ophtalmologique	MM.
	DEBEYRE (J.)		DESVIGNES (P.)
Clinique chirurgicale	VERNE (J.-M.)	Clinique pédiatrique et puériculture	OFFRET (G.)
	PERRAULT (M.)		LAPLANE (R.)
Clinique médicale . .	RAMBERT (P.)	Clinique psychiatrique	BARUK (H.)
	THIEFFRY (S.)		KUSS (R.)
Clinique obstétricale	GRASSET (J.)	Clinique urologique . .	
	MAYER (M.)		

IV - PROFESSEURS DETACHES DANS LES UNIVERSITES ETRANGERES

Bactériologie	HAUDUROY (P.)
	Pr. s. ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr.s.ch.

V - CHARGES DE COURS D'HYGIENE SCOLAIRE ET UNIVERSITAIRE

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)
Secrétaire principal	Mlle CHAINTREUIL (G.)
Conservateur en Chef de la Bibliothèque	
Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine	M. le Docteur HAHN (A.)
Conservateurs	Mlles DUMAITRE (P.), LE NOIR (G.), QUIEVREUX (E.)
Bibliothécaires	Mmes CONTET (J.), FORGET (F.), Mlle LAURENT (H.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A mes GRANDS-MERES

A mes PARENTS

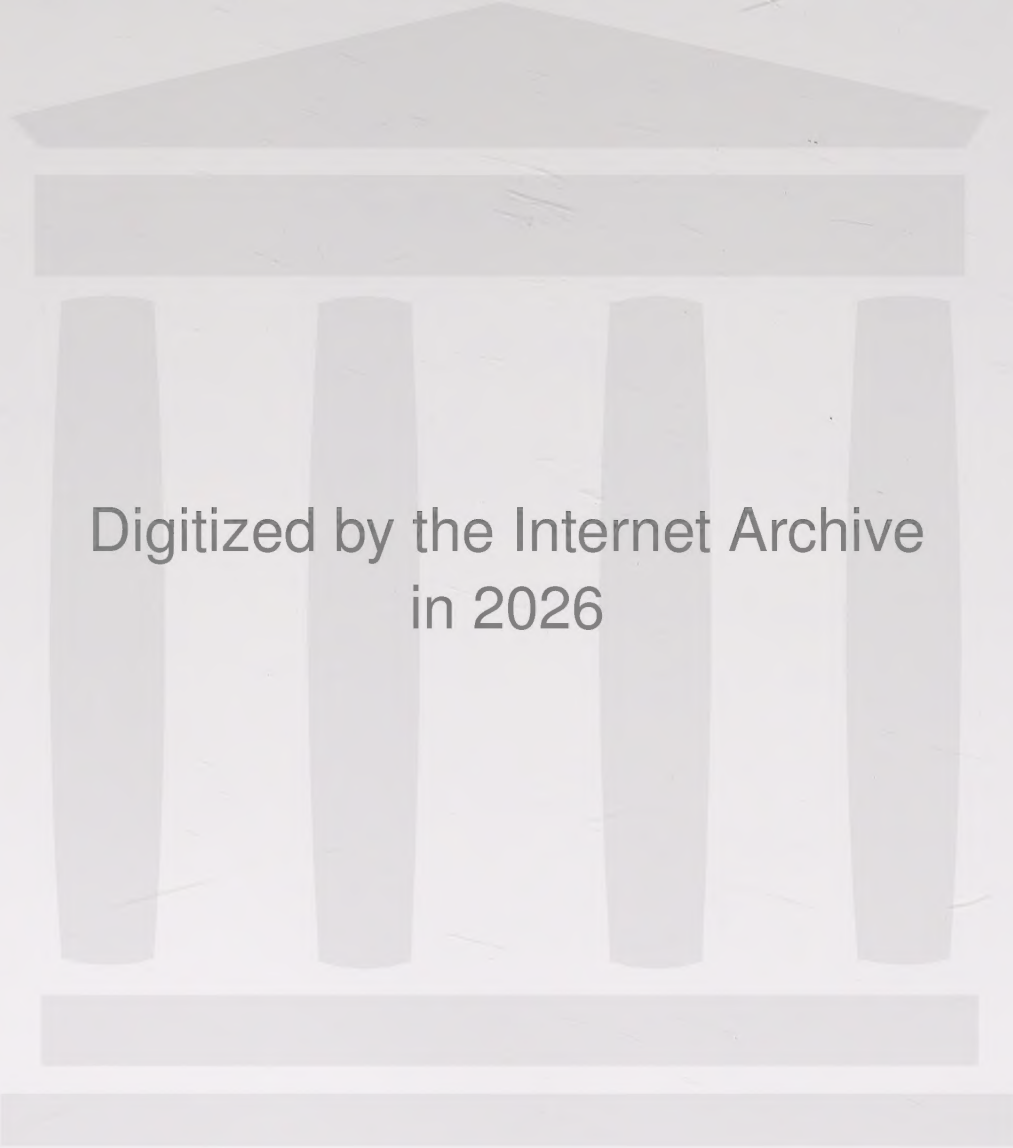
en témoignage de ma profonde reconnaissance
et de ma respectueuse affection

A ma SOEUR

très affectueusement

A ma FAMILLE

A TOUS MES AMIS



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550201_0028

A notre Président de thèse

Monsieur le Professeur CHAILLEY - BERT

Professeur de Biologie appliquée à l'Education et aux Sports
Directeur de l'Institut d'Education physique de l'Université
de Paris

Officier de la Légion d'Honneur

Croix de Guerre 1914-1918 et 1939-1945

Rosette de la Résistance

qui nous a fait le grand honneur d'accepter

la présidence de cette thèse

en hommage de respectueuse reconnaissance

A Monsieur le Docteur P L A S

Professeur agrégé de la Faculté de Médecine de Paris,
Chaire de Biologie appliquée à l'Education Physique et
aux Sports.

A Monsieur le Docteur KAUFMANN

Médecin Assistant des Hôpitaux de Paris
Chef de Service de l'Institut Prophylactique de Paris.

*Nous nous permettons de leur adresser notre
gratitude et nos remerciements pour leurs
conseils prodigués au cours de notre travail,
qui n'aurait pu aboutir sans l'appui de leurs
connaissances.*

AUX MEDECINS DE L'INSTITUT NATIONAL DES SPORTS

Docteur HERAUD

Directeur de l'Institut National des Sports

Docteur ANDRIVET

Médecin Chef de l'Institut National des Sports

Docteur LECLERCQ

Maître de Recherches à l'Institut National des Sports

dont les travaux originaux ont pour une grande partie inspiré notre sujet de thèse,

et qui, en nous ouvrant les portes du laboratoire de recherches de l'Institut National des Sports et en nous prodiguant ses conseils nous a permis de mener à bien notre tâche.

Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

A NOS MAITRES DE LA FACULTE ET DES HOPITAUX

Monsieur le Professeur QUENU

Monsieur le Professeur PASTEUR VALLERY-RADOT

Monsieur le Docteur BENDA

Monsieur le Professeur THOYER-ROZAT

Monsieur le Professeur DEGOS

Monsieur le Professeur MOLLARET

Monsieur le Docteur FRITEL

Monsieur le Professeur MILLIEZ

Monsieur le Professeur COUVELAIRE

Monsieur le Docteur MOUCHET

Monsieur le Docteur LAZARD

Monsieur le Docteur GOUDAL

*en remerciement de l'enseignement et des conseils
qu'ils nous ont prodigués.*

**ETUDE COMPARATIVE DE L'ELECTROCARDIOGRAMME VENTRICULAIRE
CHEZ DEUX TYPES D'ATHLETES :
SPRINTERS ET COUREURS DE LONGUES DISTANCES**

- 1 - Introduction : Intérêt des méthodes d'exploration cardiaque en médecine sportive.
 - 2 - Technique d'étude.
 - 3 - Etude analytique de cinq tracés électrocardiographiques
de sprinters
de cinq coureurs de longues distances.
 - 4 - Discussion électrocardiographique
 - 5 - Discussion physiologique.
 - 6 - Méthodes complémentaires d'exploration du coeur droit :
 - a) Cathéterisme des cavités droites à l'effort
 - b) Exploration de la fonction respiratoire.
 - 7 - Conclusions.
 - 8 - Bibliographie.
-

Introduction

Intérêt des méthodes d'exploration cardiaque en médecine sportive

On sait depuis longtemps que le coeur subit des modifications par la pratique répétée de travaux physiques. C'est une règle générale, valable pour tous les muscles.

En Médecine sportive, ces modifications ont une importance capitale pour préciser l'évolution des capacités d'un athlète; aussi les chercheurs et les physiologistes utilisent-ils les appareillages les plus modernes, permettant des études de plus en plus poussées des problèmes posés par l'adaptation du coeur à l'effort.

C'est ainsi qu'actuellement on dispose, pour l'exploration de la fonction cardiaque :

- de l'examen radiologique, scopique et graphique
- de la kimographie et de l'électrokimographie
- de la ballistocardiographie
- le cathétérisme des cavités cardiaques droites et de l'angio-cardiographie
- enfin, de l'électrocardiographie et, tout récemment, de la télécardiographie.

De toutes ces méthodes, l'électrocardiographie est certainement (après l'examen radiologique) la plus employée en Médecine sportive parce qu'elle est rapide, ne fait courir aucun danger au patient et qu'elle donne, par l'amplification des potentiels électriques émis par les fibres musculaires, une notion précise à la fois de la morphologie et du fonctionnement cardiaque.

Les publications successives de Plas et collaborateurs (11, 24), Leclercq (21, 22), Bangou et Doliopoulos (2,3), Merchet (4), Mlle Chardavoine (7), Kaskassiadès (5) pour la France, et à l'étranger de Beckner et Winson (9), Simonsen (12), Klemola (29), Abugattas (26), Cureton (35), ont montré qu'il existait un aspect électrocardiographique particulier du coeur sportif, d'autant plus éloigné du tracé normal classique que l'entraînement du sujet est plus poussé.

Actuellement, l'amélioration constante des performances sportives oblige l'athlète à suivre un entraînement de plus en plus spécialisé et de plus en plus intense, retentissant sur les différentes fonctions organiques et au tout premier plan sur la fonction cardiovasculaire.

Le but de ce travail est d'étudier, en se basant sur les tracés électrocardiographiques, les conséquences de la répétition d'un type d'effort bien particulier au niveau du myocarde, et de dégager les critères et les limites de cette adaptation.

Pour cela nous nous sommes adressés à deux catégories d'athlètes qui s'opposent :

- d'une part, les **sprinters**, spécialistes de l'effort intense mais bref, puisqu'ils courent sur des distances n'excédant pas 200 mètres,
- d'autre part, les **coureurs de longues distances**, spécialistes de l'effort modéré mais prolongé, évoluant sur des parcours de 800 m à 5 000 mètres.

Nous avons choisi ces deux disciplines parce qu'elles exigent un travail où la technique et l'adresse jouent un rôle minime, et où les qualités de rapidité et de résistance trouvent leur meilleure application. D'autre part, les athlètes qui les pratiquent se soumettent à un entraînement rationnel mais différencié à l'extrême, et les modifications qui en résultent s'objectivent avec netteté.

Technique d'étude

Notre étude électrocardiographique porte sur dix athlètes, cinq sprinters et cinq coureurs de longues distances, tous de classe nationale ou internationale, et s'astreignant à un entraînement spécialisé et rigoureux.

Pour chaque sujet nous avons reproduit :

- 1 - le tracé électrocardiographique pris au repos, avec :
 - ses trois dérivations standard
 - ses trois dérivations unipolaires
 - ses six dérivations précordiales
- 2 - un schéma donnant une représentation particulièrement simple de l'image électrique cardiaque, inspiré d'Holzmann, repris par Leclercq :

Les six dérivations précordiales étant figurées par des axes verticaux et parallèles, on porte de chaque côté de la ligne isoélectrique les amplitudes respectives des ondes « R » et « S » obtenues pour chaque dérivation précordiale. La réunion des points obtenus figure une surface positive « R », ainsi qu'une surface négative « S » de part et d'autre de la ligne isoélectrique, que l'on peut assimiler à un profil électrique obtenu par juxtaposition de points multiples représentant toutes les positions intermédiaires aux six dérivations classiques.

Chaque graphique comporte deux tracés :

- un tracé classique, obtenu à partir des données moyennes d'une population saine mais non sportive ; les chiffres utilisés sont les suivants (en millivolts) :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,23	0,59	0,89	1,42	1,22	0,92
S	0,86	1,27	0,88	0,55	0,12	0,06

- un tracé obtenu à partir des résultats expérimentaux du sujet étudié.

On obtient ainsi quatre surfaces, R et R', S et S', dont la comparaison permet de voir du premier coup d'oeil dans quelles dérivations le tracé expérimental s'écarte des données classiques; elle donne également une idée de l'équilibre existant entre le coeur gauche et le coeur droit.

Mais certaines précautions sont à prendre et pour avoir une précision suffisante et éliminer les nombreuses causes d'erreurs, il est nécessaire :

- de faire des E.C.G. fréquents et comparatifs,

d'éviter les erreurs grossières de technique en utilisant autant que possible le même appareil et, bien entendu, en vérifiant à chaque tracé l'étalonnage,

enfin, en précisant au maximum les points de repère des dérivations précordiales, un écart de quelques millimètres dans la pose des électrodes pouvant engendrer de grosses erreurs d'interprétation.

Etude des tracés électrocardiographiques

BRIERE Philippe 25 ans SPRINTER (100 m - 200 m)

Fréquence cardiaque : 60 p/mn

Amplitudes des dérivations précordiales en millivolts :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,1	0,4	0,4	2,2	5	3,6
S	0,5	0,9	1	1	0,3	0,1

Axe électrique QRS : + 30°

Axe électrique T : + 70°

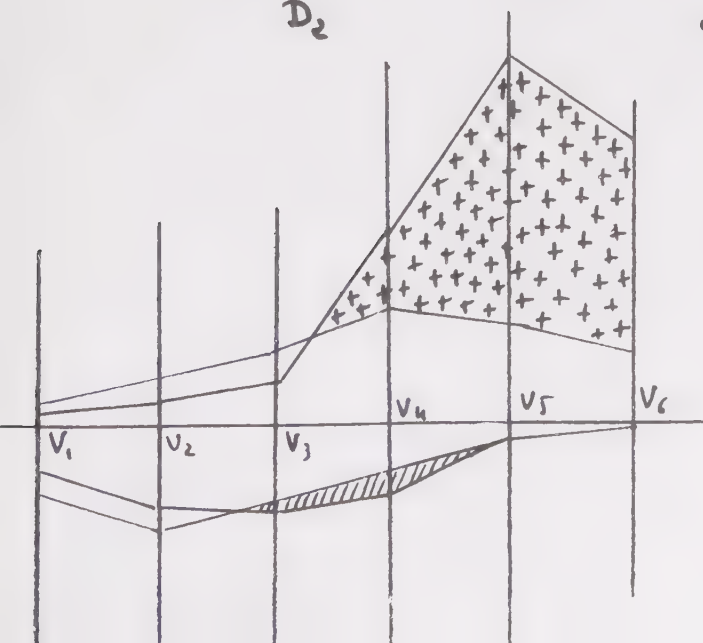
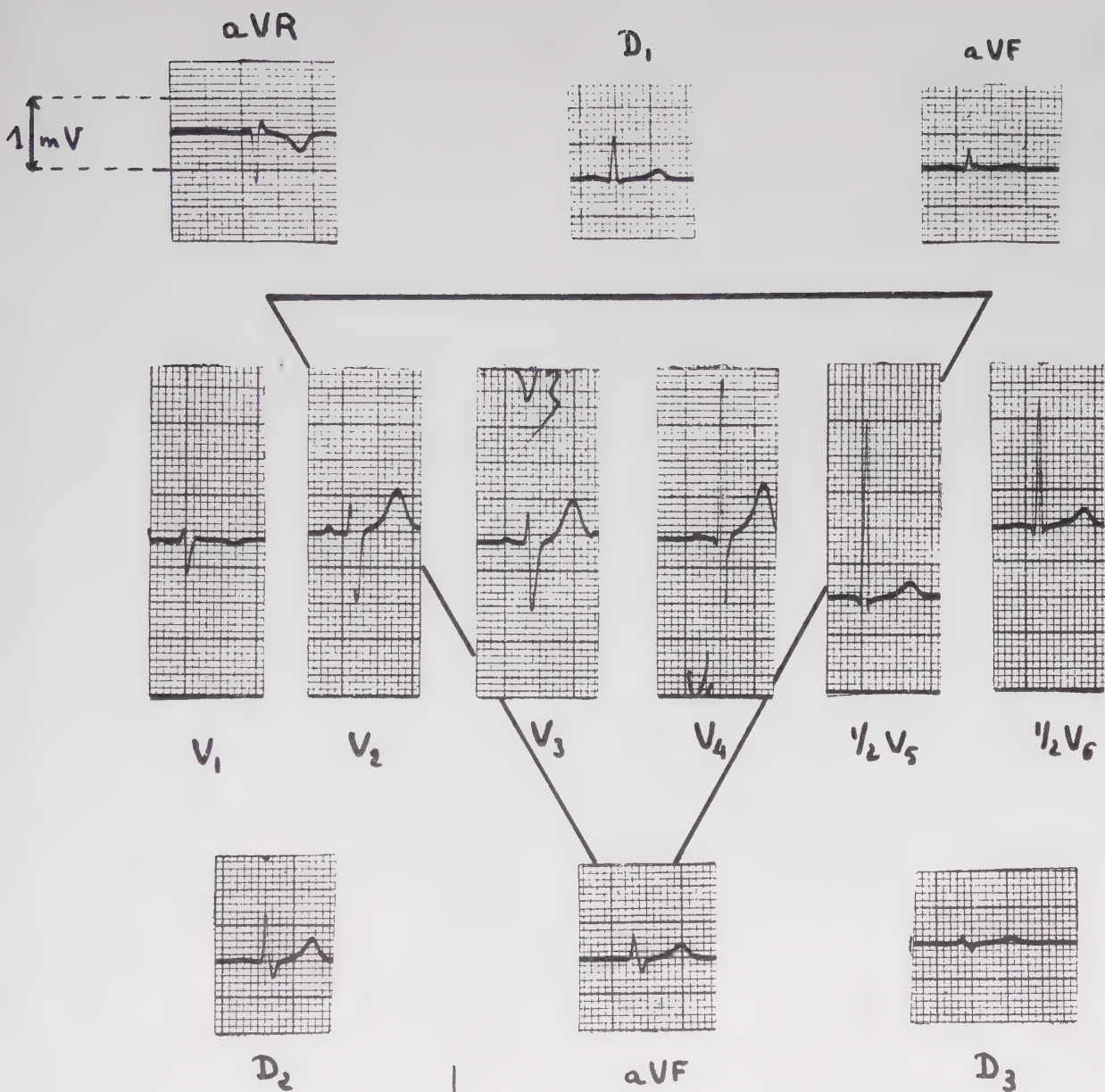
Indice RV5 + SV2 = 59 mm

Zone de transition entre V3 et V4

L'onde R dépasse nettement l'amplitude moyenne dans les dérivations précordiales gauches.

L'onde S est sensiblement normale

Tracé évoquant une hypertrophie ventriculaire gauche



BRIERE Philippe

25 ans

1 m 78

64 kg

100 m

-

200 m

E.C.G. du 24 mai 1962

PIQUEMAL Claude 23 ans SPRINTER (100 m - 200 m)

Fréquence cardiaque : 64 p/mn

Amplitude des dérivations précordiales en millivolts :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,3	0,4	0,5	1,5	2,1	2,2
S	1,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1

Axe électrique QRS : + 60°

Axe électrique T : + 30°

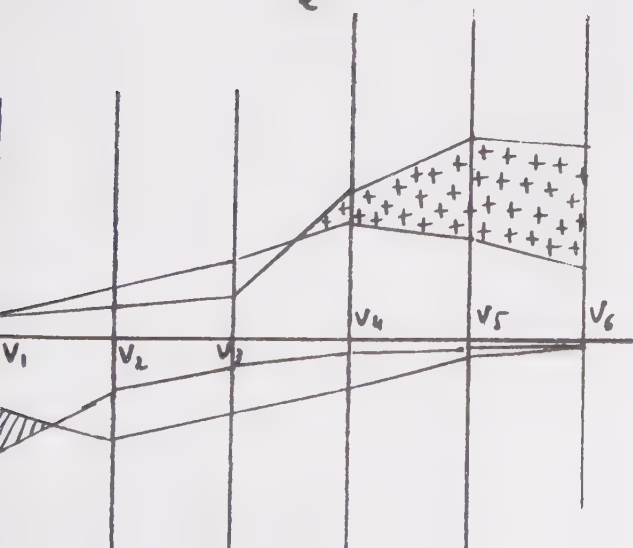
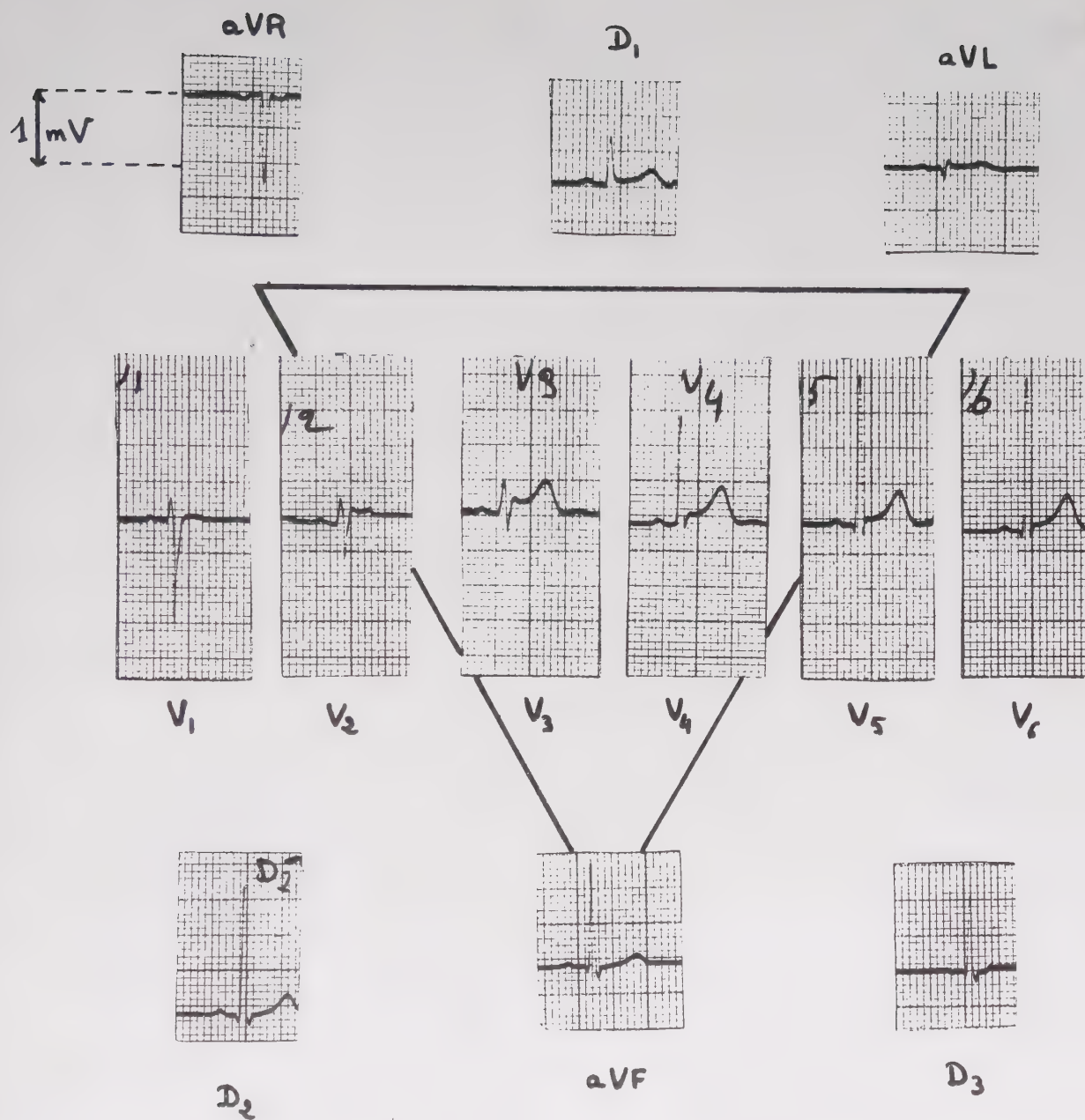
Indice RV5 + SV2 : 25 mm

Zone de transition en V3

Les ondes R dépassent l'amplitude moyenne dans les précordiales gauches

L'onde S est sensiblement normale

Tracé évoquant une hypertrophie ventriculaire gauche



PIQUEMAL Claude

23 ans

1 m 72 64 kg

100 m - 200 m

E.C.G. du 17 février 1962

SEYE Abdou**28 ans****SPRINTER (100 m - 200 m - 400 m)**

Fréquence cardiaque : 56 p/mn

Amplitude des dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,3	1	1,2	2,2	2,5	2,1
S	1,2	0,5	0,4	0,4	0,1	0

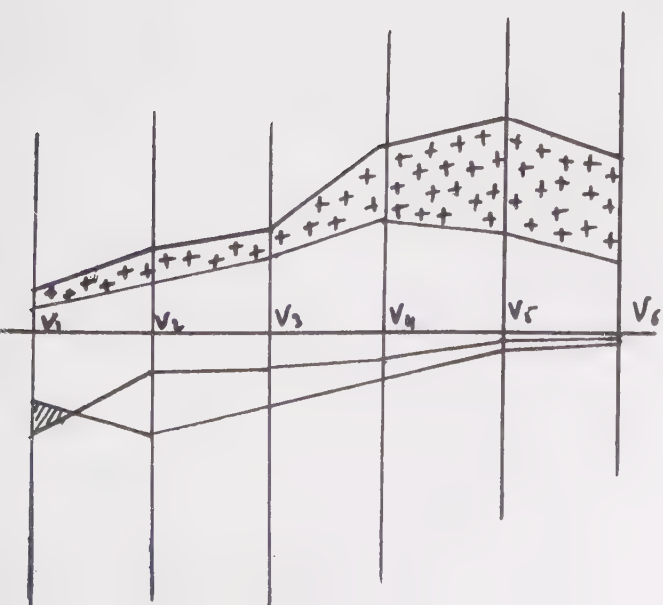
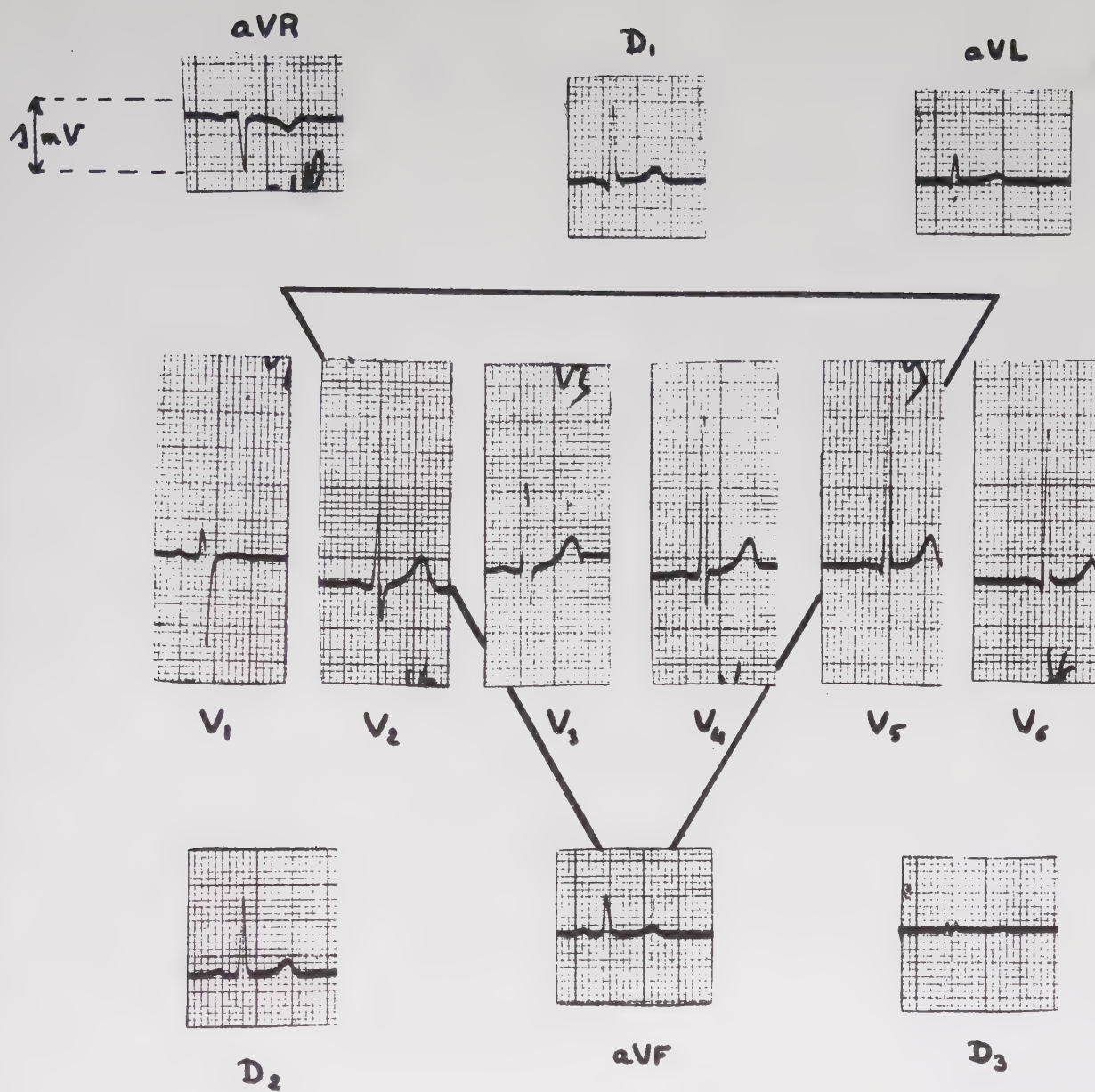
Axe électrique QRS : 30° Axe électrique T : $+ 30^{\circ}$ Indice $RV5 + SV2$: 30 mm

Zone de transition entre V1 et V2

L'onde R dépasse en amplitude les chiffres moyens dans toutes les dérivations surtout à gauche.

Les ondes S sont inférieures ou égales à la moyenne

Tracé évoquant une hypertrophie ventriculaire gauche



SEYE Abdou

28 ans

1 m 71 63 kg

100 m - 200 m - 400 m

E.C.G. du 22 novembre 1962

CHATELET François

23 ans

SPRINTER (100 m - 200 m)

Fréquence cardiaque : 55 p/mn

Amplitudes des dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,1	0,2	0,3	2,1	3,8	2,9
S	1	2,7	1,5	0,7	0,5	0,5

Axe électrique QRS : + 65°

Axe électrique T : + 50°

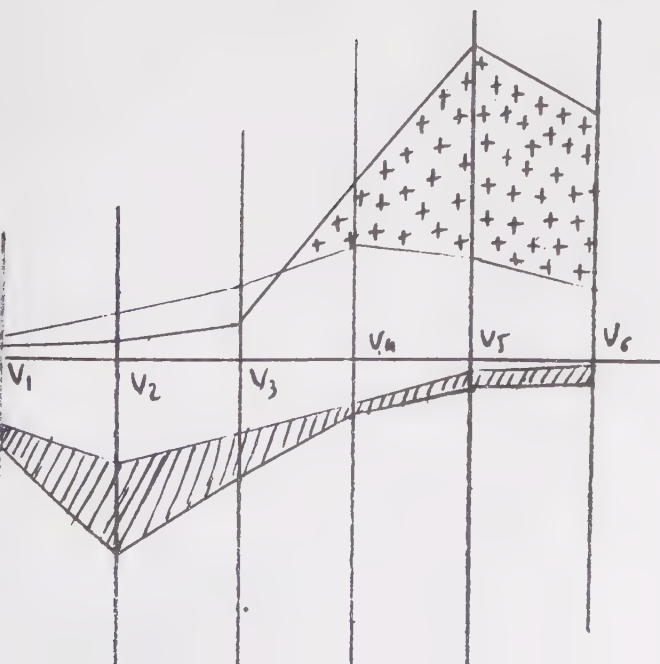
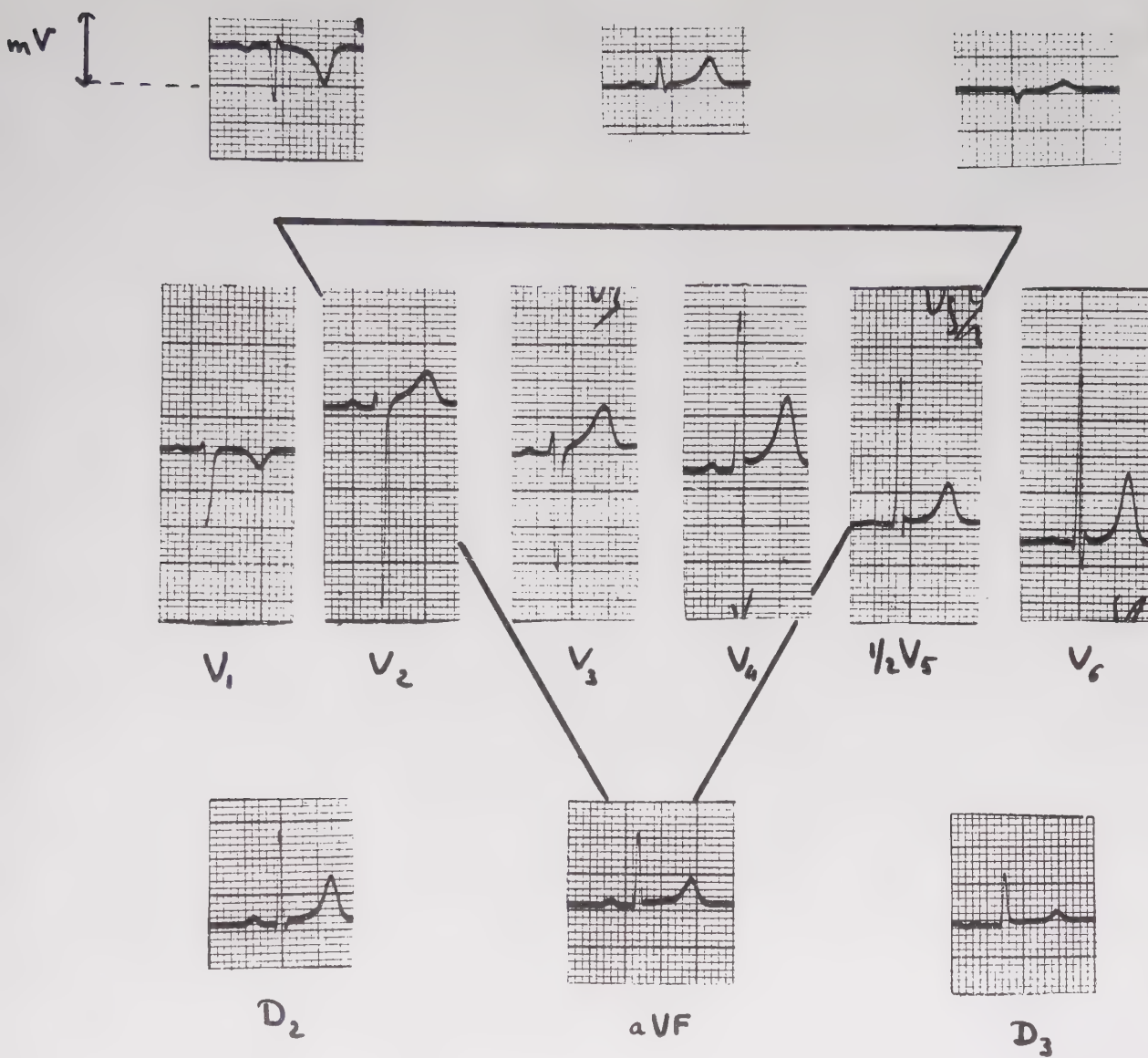
Indice RV5 + SV2 : 65 mm

Zone de transition entre V3 et V4

Les ondes R dépassent en amplitude la moyenne dans les précordiales gauches.

Les ondes S sont augmentées uniformément

Tracé évoquant une hypertrophie ventriculaire gauche



CHATELET François

23 ans

1 m 83 78 kg

100 m - 200 m

E.C.G. du 19 avril 1962

SADLER René 25 ans **SPRINTER** (100 m - 200 m)

Fréquence cardiaque : 58 p/mn

Amplitudes des dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,5	0,6	0,7	2,3	2,1	1,6
S	1,5	2,4	1,6	1	0,3	0

Axe électrique QRS : + 60°

Axe électrique T : + 5°

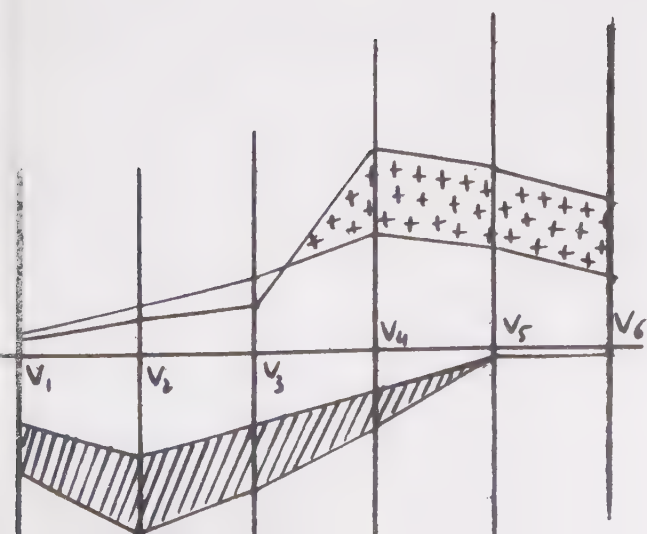
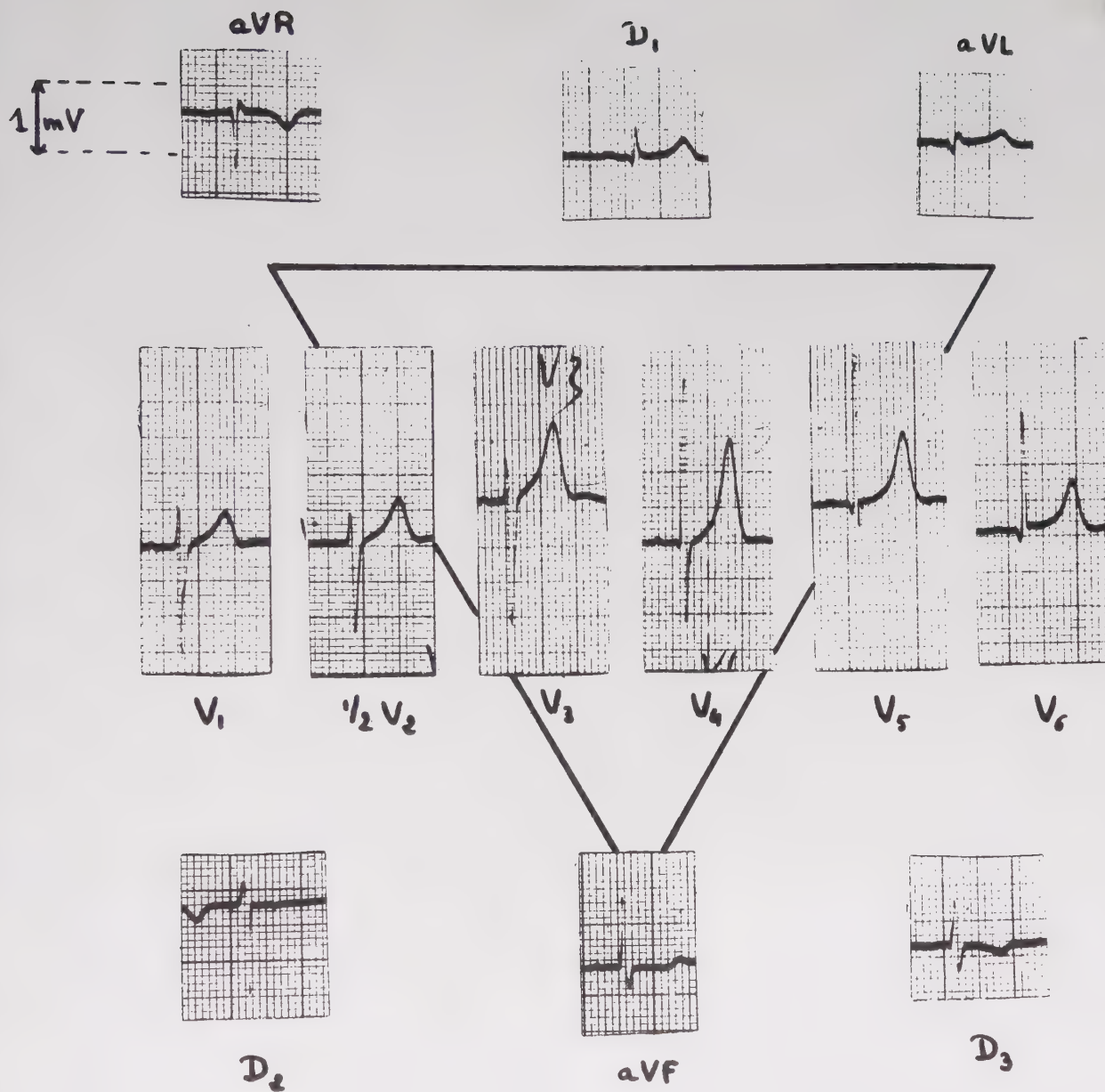
Indice RV5 + SV2 : 45 mm

Zone de transition entre V3 et V4

Amplitude augmentée en précordiales gauches pour l'onde R

Amplitude augmentée en précordiales droites pour les ondes S

Tracé évoquant une hypertrophie gauche



SADLER René

25 ans

1 m 83 78 kg

100 m 200 m

E.C.G. du 19 avril 1962

KERVEADOU Michel 26 ans

Coureur de longues distances (800 m - 1 000 m - 1 500 m)

Fréquence cardiaque : 60 p/mn

Amplitudes des ondes en dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,4	0,9	1	2,6	3,6	1,1
S	0,9	3,3	2,8	2,2	1	0,2

Axe électrique QRS : + 90°

Axe électrique T : + 50°

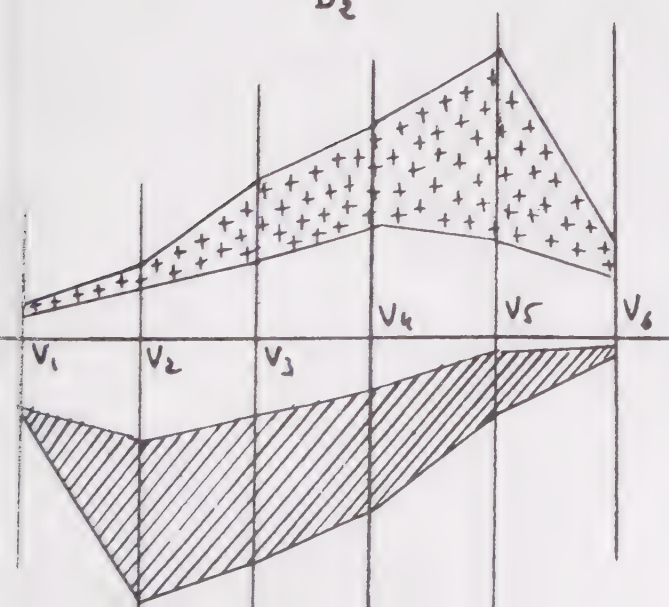
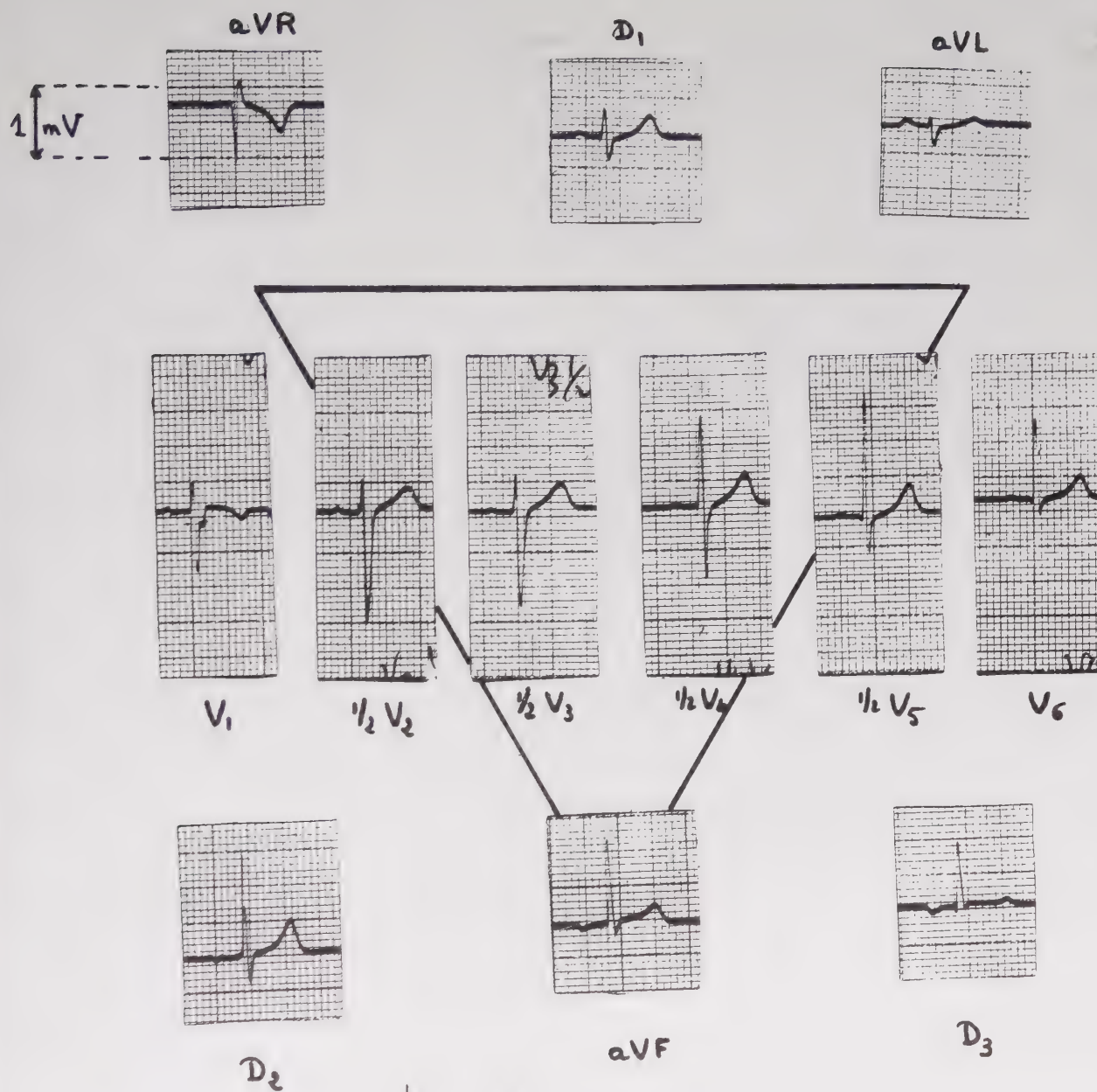
Indice RV5 + SV2 : 68 mm

Zone de transition en V4

Grandes ondes S dans toutes les dérivations

Grandes ondes R dans les dérivations gauches

Tracé évoquant une hypertrophie biventriculaire



KERVEADOU Michel

26 ans

1 m 74 65 kg

800 m - 1000 m - 1500 m

E.C.G. du 18 juin 1962

RUEFLI Bernard 29 ans

Coureur de longues distances (1000 m - 1500 m - 3000 m)

Fréquence cardiaque : 48 p/ mn

Amplitudes des ondes R et S en dérivation précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,5	0,8	0,8	1,8	2,1	2
S	1,5	3,6	2,2	1,7	0,2	0,2

Axe électrique QRS : + 75°

Axe électrique T : + 60°

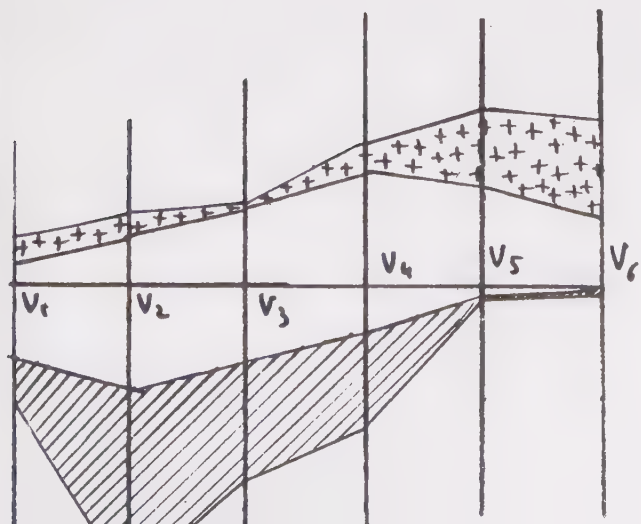
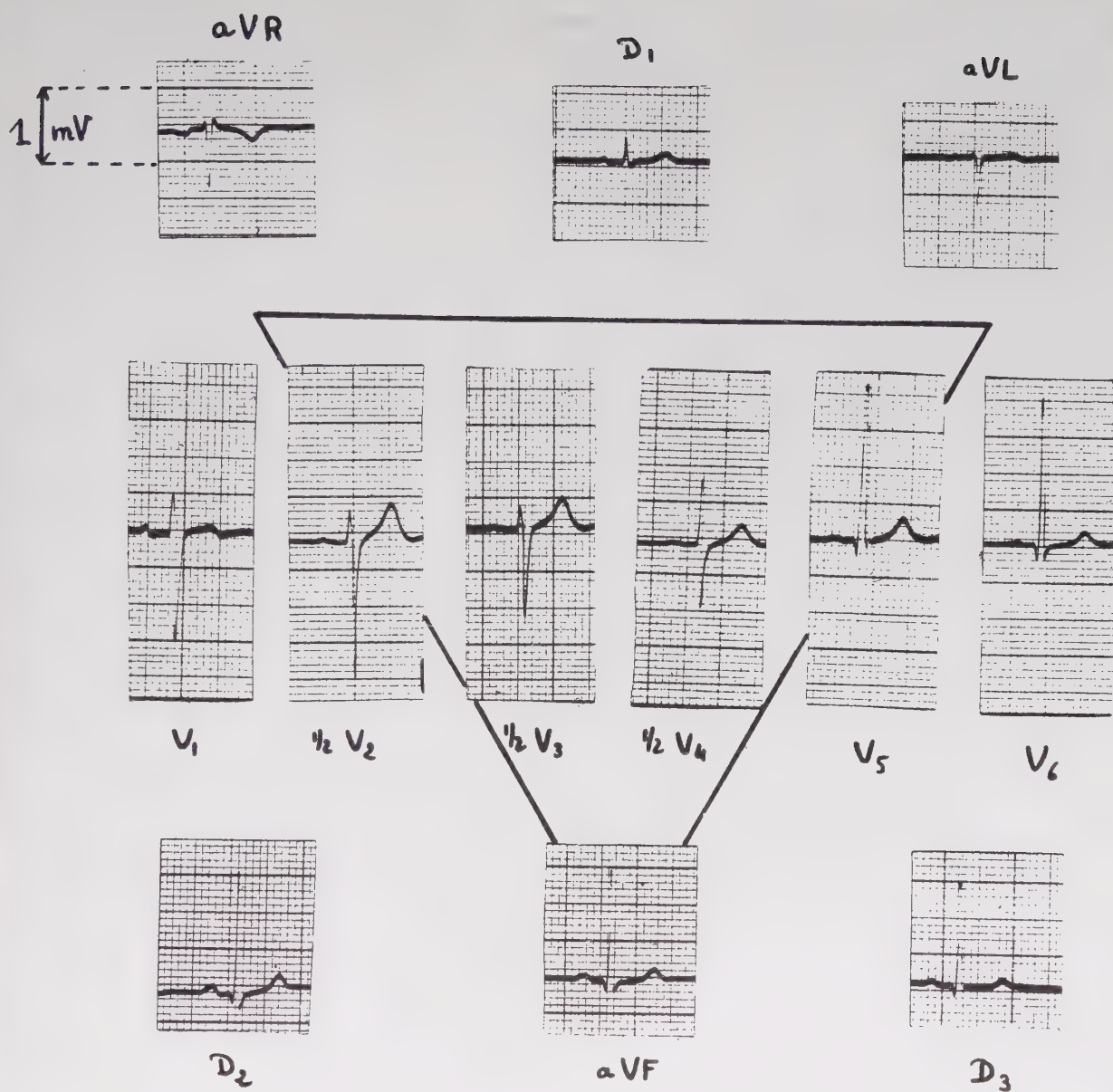
Indice RV5 + SV2 : 56 mm

Zone de transition en V4

Grande amplitude des ondes S en précordiales droites

Amplitude modérée des ondes S en précordiales gauches

Tracé évoquant une hypertrophie biventriculaire



RUEFLI Bernard

23 ans

1 m 74

64 kg

1000 m - 1500 m - 3000 m

E.C.G. du 6 avril 1962

LURÖT Maurice 22 ans

Coureur de longues distances (1000 m - 1500 m - 3000 m - 5000 m)

Fréquence cardiaque : 45 p/mn

Amplitudes des ondes R et S en dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,4	1	1,2	1,6	2	2
S	0,9	3	3,4	2,8	0,8	0,3

Axe électrique QRS : + 70°

Axe électrique T : + 35°

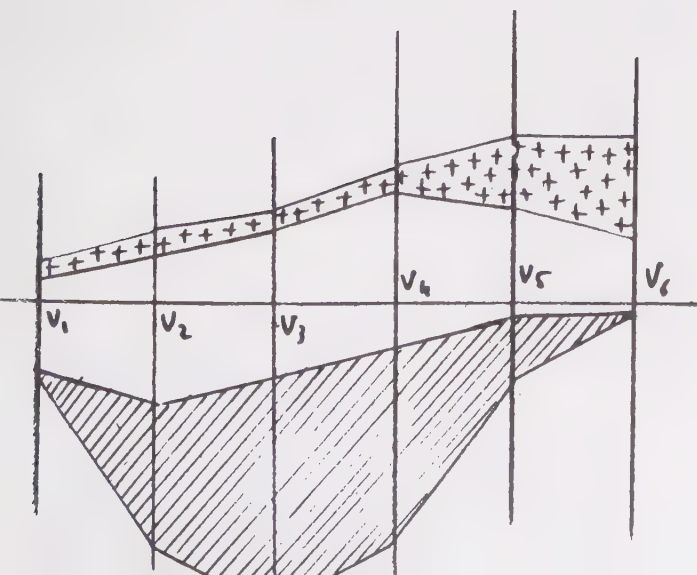
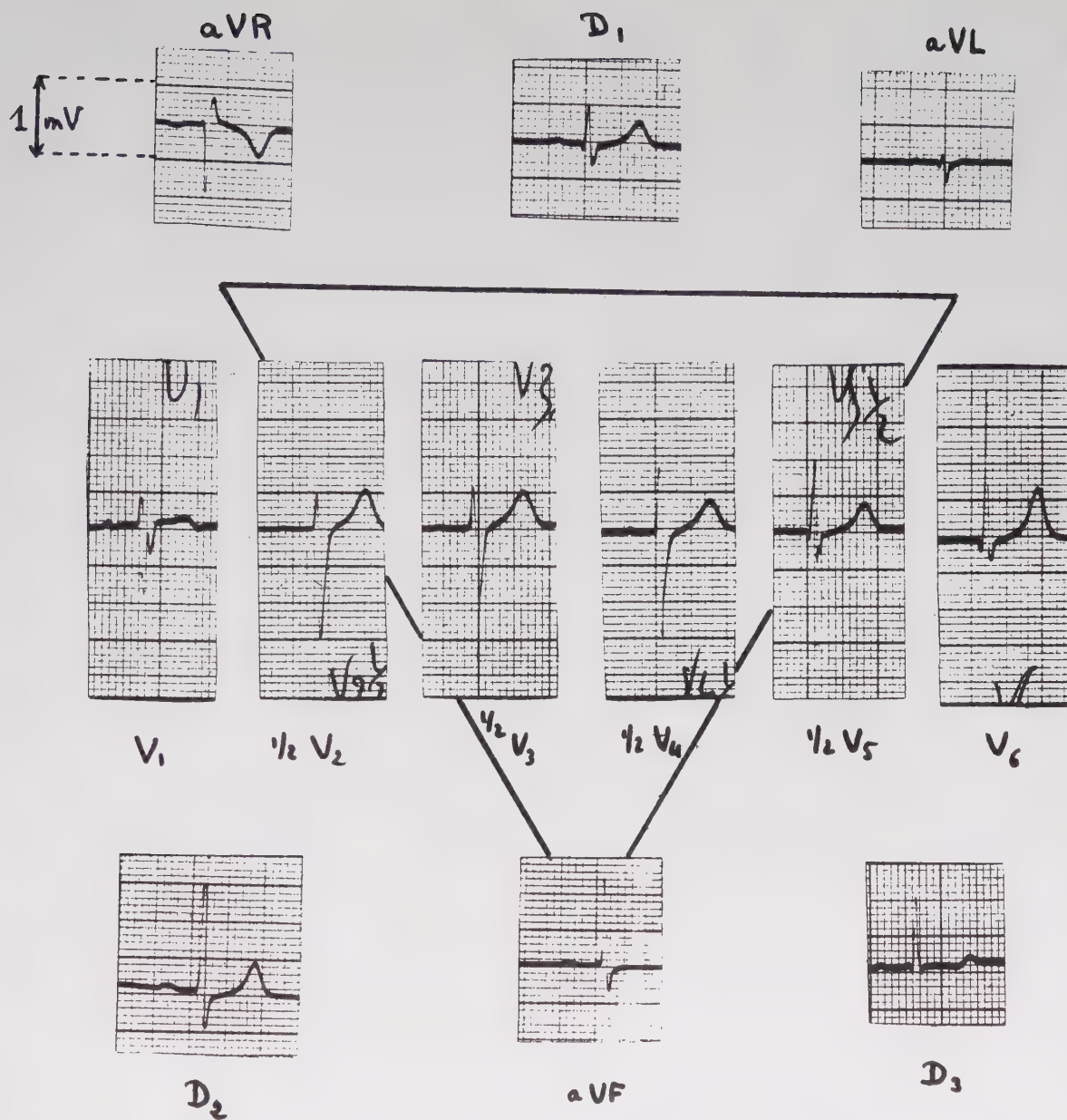
Indice RV5 + SV2 : 50 mm

Zone de transition entre V4 et V5

Grande amplitude des ondes S dans toutes les dérivations

Augmentation modérée d'amplitude des ondes R

Tracé évoquant une hypertrophie biventriculaire



LUROT Maurice

22 ans

1 m 79

67 kg

1000 m - 1500 m - 3000 m - 5000

E.C.G. du 12 avril 1962

LECHEVALIER Marcel 26 ans

Coureur de longues distances (800 m - mile - 1500 m - 3000 m - 5000 m)

Fréquence cardiaque : 52 p/mn

Amplitude des ondes R et S en dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,4	0,7	1	2,8	2,6	1,7
S	2	3,4	3	2	0,2	0,1

Axe électrique QRS : + 60°

Axe électrique T : + 60°

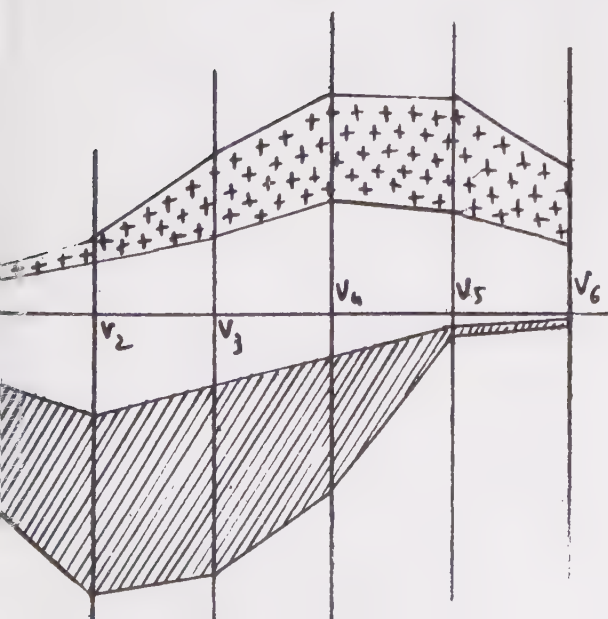
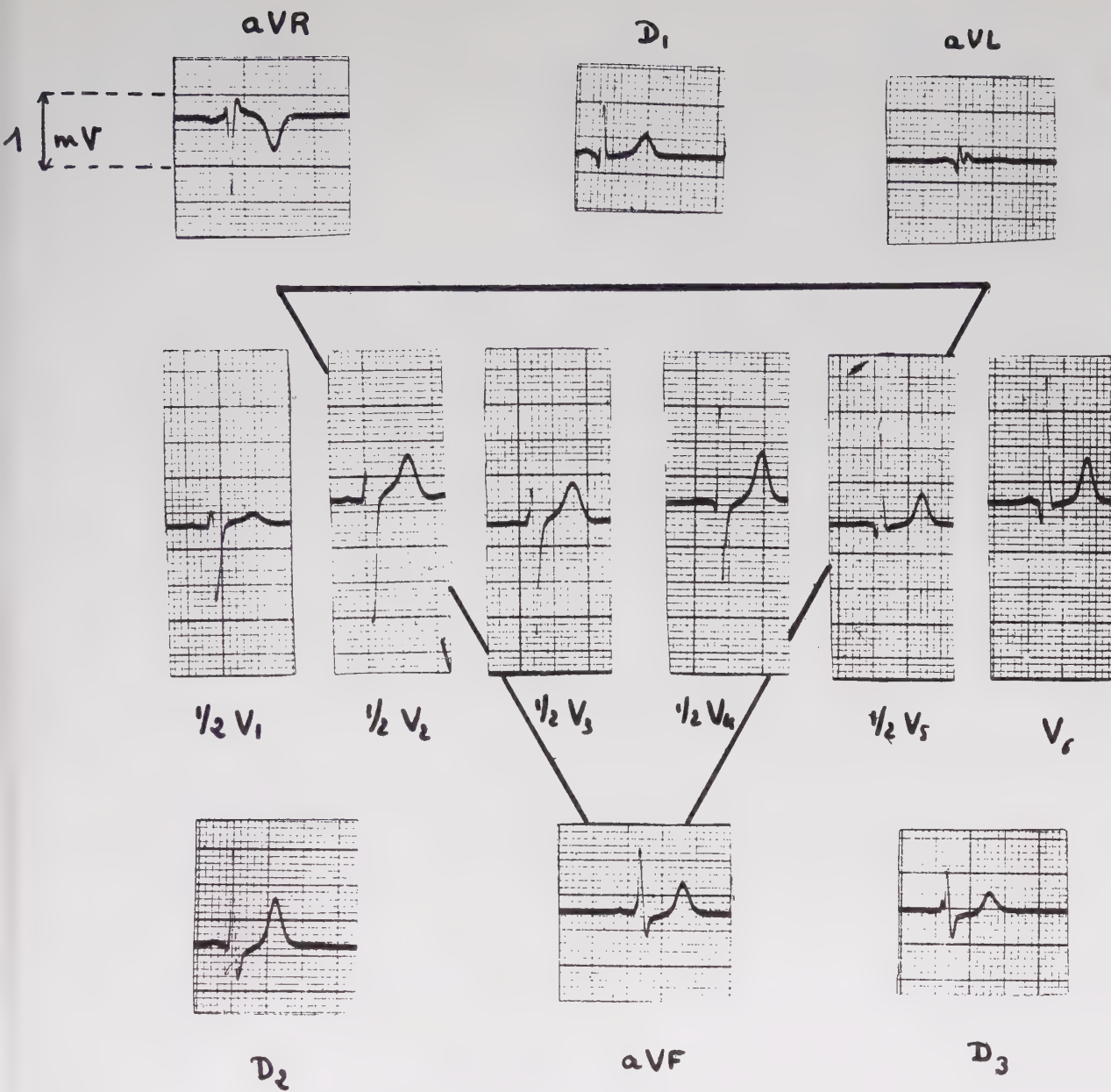
Indice RV5 + SV2 : 60 mm

Zone de transition en V4

Forte augmentation d'amplitude des ondes S en précordiales droites

Augmentation d'amplitude des ondes R en précordiales gauches

Tracé évoquant une hypertrophie biventriculaire



LECHEVALIER Marcel

26 ans

1 m 75

67 kg

800 m - Mile - 1500 m - 3000 m - 5000 m

E.C.G. du 31 janvier 1962

J A Z Y Michel 26 ans

Coureur de longues distances (800 - 1000 - 1500 - 3000 - 5000 m)

Fréquence cardiaque : 50 p/mn

Amplitude des ondes R et S en dérivations précordiales :

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
R	0,4	0,8	1	1,4	2,3	2,4
S	2,1	4,8	4,6	3,2	0,6	0,1

Axe électrique QRS : + 70°

Axe électrique T : + 30°

Indice RV5 + SV2 : 71 mm

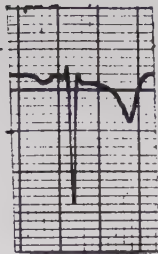
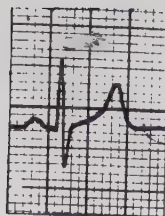
Zone de transition entre V4 et V5

Amplitude considérable des ondes S dans les précordiales droites

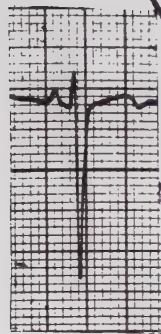
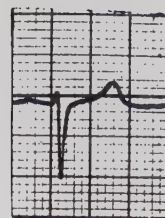
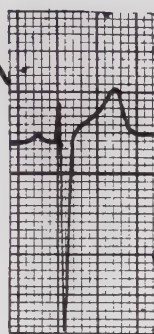
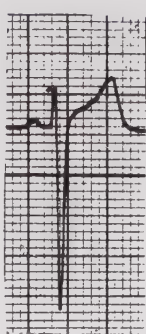
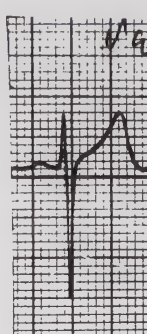
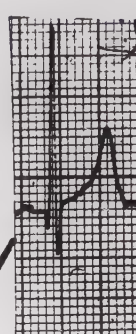
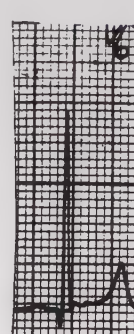
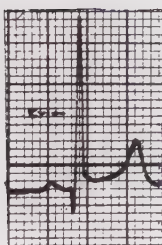
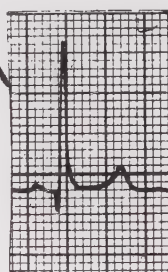
Amplitude relative des ondes R en précordiales gauches

Tracé évoquant une hypertrophie biventriculaire

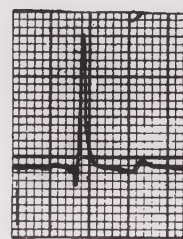
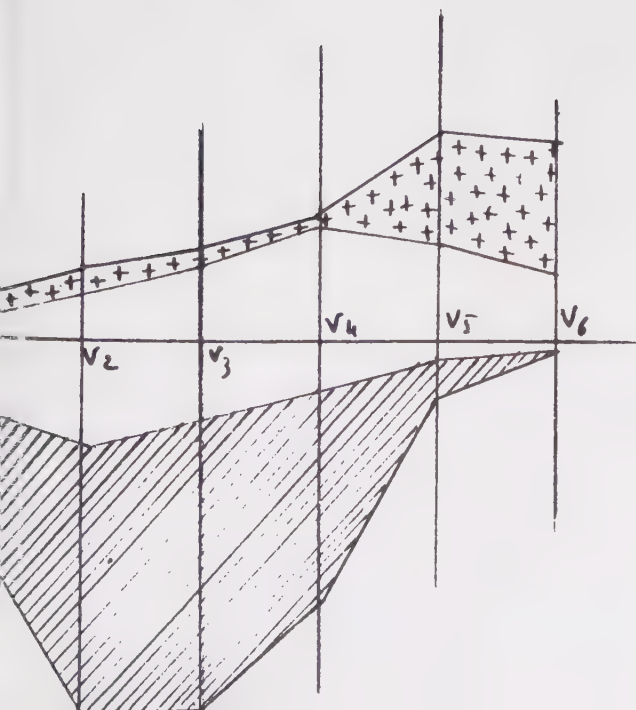
aVR

D₁

aVL

V₁ $\frac{1}{2} V_2$  $\frac{1}{2} V_3$  $\frac{1}{2} V_4$ V₅V₆D₂

aVF

D₃

J A Z Y Michel

26 ans

1 m 75 67 kg

800 m - Mile - 1500 m - 3000 m - 5000 m

E.C.G. du 31 janvier 1962

Discussion électrocardiographique

a) DERIVATIONS STANDARD ET UNIPOLAIRES :

Rythme cardiaque -

Les chiffres cités pour chaque sujet résultent de la moyenne de plusieurs fréquences cardiaques prises au repos, à des époques différentes. Nous avons trouvé :

- Chez les sportifs d'effort bref :

60 - 64 - 56 - 55 - 58 . Moyenne : 59 pulsations/minute.

- Chez les sportifs d'effort prolongé :

60 - 48 - 45 - 52 - 50 . Moyenne : 51 pulsations/minute.

Ces deux chiffres ne font que confirmer la bradycardie de repos des sportifs entraînés, les rythmes les plus bas s'observant chez les sujets habitués aux efforts prolongés, bradycardie due au renforcement du tonus cardiomodérateur vagal.

Axes électriques moyens -

Les axes électriques de T n'ont pas subi de modifications en rapport avec le type d'effort pratiqué. Pour les axes électriques de QRS, nous trouvons les valeurs suivantes :

- Coureurs de longues distances :

70° - 65° - 90° - 70° - 75° - soit une moyenne de 74° .

- Sprinters :

65° - 60° - 30° - 60° - 30° - soit une moyenne de 48° .

Ces chiffres indiquent une tendance à la verticalisation de l'axe électrique chez les coureurs de longues distances, alors qu'il est normal ou légèrement dévié chez les sprinters.

Donc, l'étude des tracés obtenus en dérivations standard et unipolaires permet de vérifier deux points importants qui plaident en faveur d'une différenciation

cardiaque selon le type d'effort sportif répété, bradycardie plus marquée pour les coureurs de fond, modifications de l'axe électrique de QRS dévié à gauche chez les sprinters et à droite chez les coureurs de longues distances.

Mais si l'on peut, grâce à ces tracés, évoquer une tendance à l'adaptation de la réponse électrique du coeur, ces données ne sont valables que sur le plan statistique et ne peuvent avoir d'intérêt diagnostic ni pronostic à l'échelon individuel.

Il en est tout autrement des renseignements fournis par l'étude des tracés précordiaux, car ce sont eux qui vont objectiver les différences anatomiques cardiaques fondamentales qui caractérisent ces deux types opposés de sportifs.

b) DERIVATIONS PRECORDIALES :

Avant d'aborder ce chapitre, rappelons quelques notions d'électrophysiologie, qui font mieux comprendre l'intérêt des dérivations précordiales :

- L'électrode exploratrice, placée sur la paroi antérieure gauche du thorax, donne une indication particulièrement précise des modifications électriques cardiaques, puisque selon WILSON, « le tracé recueilli par une électrode placée sur le thorax en regard du coeur peut être assimilé à celui obtenu par une électrode appliquée directement sur l'épicarde ».
- Le tracé enregistré est la résultante de deux composantes :
 - un potentiel négatif, créé par l'activation de toute la masse ventriculaire, c'est le potentiel endocavitaire;
 - un potentiel positif, créé par l'activation de la paroi musculaire, sous l'électrode exploratrice.

Ainsi, dans les précordiales droites, qui sont en regard du ventricule droit, peu épais, le potentiel endocavitaire domine.

En allant de VI à V6, c'est-à-dire en déplaçant l'électrode de droite à gauche, on explore progressivement une paroi de plus en plus épaisse; les potentiels positifs vont en augmentant et les potentiels négatifs en diminuant. Il existe une zone de l'aire précordiale qui est influencée en proportions égales par les surfaces épicaudiques du ventricule gauche et du ventricule droit, c'est la zone de transition. Dans l'électrocardiogramme normal, elle est située entre V3 et V4, mais elle varie beaucoup avec la position électrique du coeur.

Etude des tracés chez les sprinters -

La représentation graphique des tracés précordiaux nous permet de comprendre aisément l'aspect très particulier de l'E.C.G. du sprinter :

- ondes « r » petites dans les précordiales droites
- ondes « R » d'amplitude nettement augmentée en V4, V5, V6
- ondes « S » qui peuvent, soit avoir une amplitude normale (ex. 1), soit soit une amplitude augmentée (ex. 4, 5), soit avoir une petite amplitude (ex. 2, 3).
- ondes « S » en précordiales gauches normales ou inférieures à la moyenne normale.

L'indice de Sokolow et Lyon est augmenté, mais à l'indice classique $RV5 + SV1$, nous préférons $RV5 + SV2$, plus démonstratif. On pourrait également utiliser un indice qui s'obtiendrait par l'addition de la plus grande amplitude de « R » et de la plus grande amplitude de « S », quelle que soit la dérivation.

Nous obtenons chez nos cinq sprinters :

cas n° 1 : 59 mm	cas n° 2 : 25 mm	cas n° 3 : 30 mm	cas n° 4 : 65 mm
			cas n° 5 : 45 mm

soit une moyenne de 45 mm.

La zone de transition se trouve :

- entre V3 et V4 pour les sujets 1, 4 et 5
- entre V2 et V3 pour le sujet 2
- entre V1 et V2 pour le sujet 3

Ces résultats évoquent une hypertrophie ventriculaire gauche isolée, mais qui ne peut être considérée comme pathologique car :

- le déplacement vers la gauche de l'axe électrique est très modéré,
- la durée de QRS n'est pas modifiée, de même que la durée de QT,
- il n'existe pas de décalage du segment ST et l'onde T est positive dans toutes les dérivations précordiales.

D'autre part, il n'y a pas d'hypertrophie ventriculaire droite, l'H.V.G. est isolée.

Radiologiquement on peut rapprocher ces résultats du type radiologique de coeur sportif décrit par Zdansky (38) chez les coureurs de vitesse et les lanceurs de poids, caractérisé par un coeur à développement gauche prédominant, ayant tendance à se coucher sur le diaphragme.

Les quatre premiers tracés étudiés dénotent une prédominance ventriculaire gauche; le cinquième est harmonieusement équilibré et peut être considéré comme un cas intermédiaire entre les sprinters et les coureurs de longues distances.

En résumé, nous pouvons dégager un certain nombre de caractéristiques propres à l'E.C.G. d'un sportif spécialisé dans la répétition d'un effort intense mais bref, ces caractéristiques ne pouvant cependant, en aucun cas, faire l'objet d'une règle générale :

- anatomiquement : hypertrophie ventriculaire gauche modérée,
- radiologiquement : coeur à développement gauche prédominant, ayant tendance à se coucher sur le diaphragme,
- électrocardiographiquement :
 - bradycardie relative
 - axe électrique QRS normal ou gauche
 - zone de transition normale ou légèrement décalée vers la droite
 - tendance à la rotation antihoraire.

Etude des tracés chez les coureurs de longues distances.-

La reproduction graphique des tracés précordiaux donne une image caractéristique et frappante :

- ondes « r » en précordiales droites plus amples que dans la moyenne normale,
- ondes « R » en précordiales gauches également plus amples,
- ondes « S » en précordiales droites très profondes, deux à trois fois plus amples que les ondes « S » normales atteignant leur maximum en V2 et V3, s'étendant jusqu'à V4 et V5,
- ondes « s » en V6 supérieures à la normale.

L'indice de Sokolow et Lyon ($RV5 + SV2$) est très augmenté :

cas n° 6 : 68 mm cas n° 7 : 56 mm cas n° 8 : 50 mm cas n° 9 : 60 mm
cas n° 10 : 71 mm,

soit une moyenne de 61 mm.

La zone de transition se trouve :

- en V4 pour les sujets 6, 7 et 9,
- entre V4 et V5 pour les sujets 8 et 10.

Discussion physiologique

1) L'hypertrophie du coeur gauche est facile à expliquer. Le travail des masses musculaires nécessite un accroissement de débit cardiaque souvent intense, qui se traduit chez le sportif par un épaississement du ventricule gauche, les modifications s'observant à la fois sur la quantité et sur la qualité du myocarde, contrairement aux hypertrophies gauches pathologiques, car l'accroissement des besoins métaboliques du muscle hypertrophiée est assuré par une circulation coronarienne suffisante.

Chez le sprinter, qui fournit un effort intense mais bref, de dix à vingt secondes environ, cette hypertrophie est modérée et fonction essentiellement de la répétition de ces efforts.

D'autre part, les muscles travaillent en anoxie et, durant le sprint, l'apport circulatoire en oxygène est négligeable, en comparaison de celui qui sera fourni dans les minutes qui suivent la course pour compenser la dette d'oxygène.

Chez le coureur de longues distances, malgré une dette d'oxygène inévitable, un équilibre d'échanges doit se créer au niveau du muscle pour lui permettre un fonctionnement pendant plusieurs minutes. Le coeur travaille aux limites de ses possibilités pendant toute la durée de la course et il est facile de comprendre que chez ce dernier l'hypertrophie gauche sera plus importante que chez le sprinter.

2) L'hypertrophie ventriculaire droite existe, certes, chez le sprinter, mais elle est beaucoup plus marquée chez le coureur de longues distances.

Pendant l'effort, le débit du ventricule droit est égal à celui du ventricule gauche et il a à lutter contre l'augmentation de pression dans l'artère pulmonaire.

En effet, avec Chailley-Bert et Plas (25), on admet qu'au cours de l'effort dynamique, l'augmentation de débit cardiaque provoque l'élévation de la pression artérielle pulmonaire, cette élévation de pression entraînant l'ouverture de territoires capillaires nouveaux, permettant une hématoxe suffisante.

Nous pouvons, dès lors, envisager un parallélisme entre le sportif qui, par un entraînement intense, oblige son ventricule droit à lutter plusieurs heures par jour contre une pression artérielle pulmonaire accrue, génératrice d'une hypertrophie ventriculaire droite, et le malade chez lequel, en raison d'hypertension artérielle pulmo-

naire d'étiologies multiples, s'installe une hypertrophie ventriculaire droite pathologique (ce parallélisme ne se justifie que dans la mesure où cette dernière est compensée).

Bien entendu, ces deux modes d'hypertrophie que nous rapprochons artificiellement, n'ont de commun que leur origine mécanique et leur traduction électrique. Dans le cœur pulmonaire chronique, l'hypertension artérielle pulmonaire est permanente, alors que celle provoquée par l'effort dynamique cessé avec lui. D'autre part, de même que pour l'hypertrophie gauche pathologique ou physiologique, la qualité du myocarde n'est pas la même en raison des modalités de l'irrigation coronarienne, insuffisante dans le premier cas, excellente dans le second. Enfin, le pronostic n'est pas comparable, car l'hypertrophie droite du sportif n'a aucune tendance à se décompenser.

Il est intéressant de compléter cette étude par un aperçu des résultats du cathétérisme des cavités cardiaques droites pendant l'effort.

Les recherches de Dexter (31), et les travaux plus récents de Slonin (34), Reindell (32), Freedman (28), confirment l'élévation de la pression artérielle pulmonaire au cours de l'effort dynamique; les chiffres cités atteignent 38 mm de mercure pour la pression moyenne, 42 mm pour la pression systolique, 26 mm pour la diastolique (Freedman).

Pour Cancetta (33), il y aurait hausse initiale de pression, puis diminution secondaire malgré un débit stable.

Seule la pression intraventriculaire droite en subit le contrecoup, la pression dans la cavité auriculaire droite restant stable, comme en témoignent les travaux de Reindell (32). Ce phénomène confirme le caractère physiologique de cette hypertension de la petite circulation au cours de l'effort.

Quant à la pression capillaire pulmonaire, il semble qu'elle varie peu ; Dexter (31) estime qu'elle ne dépasse pas 14 mm de mercure, mais ses travaux portent sur des tests où l'effort effectué n'est pas très intense. Lenègre et Scebat (30) trouvent une élévation de 5,5 mm de mercure, mais suivie d'une diminution malgré un débit constant.

En résumé, au cours de l'effort dynamique, seules augmentent les pressions intracavitaires du ventricule droit et la pression artérielle pulmonaire; les pressions capillaire pulmonaire et intraauriculaire droite restent dans les limites physiologiques de repos.

Il serait intéressant également d'opposer les deux types de coureurs par l'exploration de la fonction respiratoire : non pas tant par l'étude de la ventilation au repos ou de la capacité vitale, trop variable avec la morphologie du sujet, mais par l'étude des possibilités ventilatoires à l'effort :

- ventilation maximum
- épreuve de Tiffeneau
- consommation d'oxygène à l'effort.

En effet, de même qu'il existe une adaptation cardiaque à un type d'effort répété, il existe des modifications de la fonction respiratoire, et c'est le but de l'entraînement que de favoriser ces adaptations dont dépend le rendement global de l'organisme.

Conclusions

Les tracés électrocardiographiques recueillis chez deux catégories d'athlètes qui s'opposent par leur spécialité et leur mode d'entraînement, les sprinters et les coureurs de longues distances, montrent des différences telles qu'elles méritent d'être rapportées.

Chez les sprinters, on observe une modification dans les dérivations précordiales marquée par une augmentation de l'amplitude des ondes « R » en précordiales gauches, témoignant d'un certain degré d'hypertrophie gauche.

Chez les coureurs de longues distances, cette modification existe également, mais ce qu'il y a de plus net, c'est l'augmentation d'amplitude des ondes « S » en précordiales droites, avec un déplacement de la zone de transition vers V4 et V5.

Ces modifications montrent, qu'outre l'hypertrophie ventriculaire gauche, il existe chez les coureurs de longues distances une hypertrophie ventriculaire droite associée.

L'interprétation physiologique de ces modifications réside dans le fait que l'effort de ventilation est beaucoup plus marqué et la pression artérielle pulmonaire beaucoup plus élevée chez le coureur de fond que chez le sprinter.

Les résultats du cathétérisme des cavités cardiaques droites au cours de l'effort montrent, en effet, une augmentation de pression de l'artère pulmonaire et du ventricule droit; cette hypertension peut entraîner secondairement, lorsqu'elle est prolongée, une hypertrophie ventriculaire droite. D'autre part, les résultats obtenus par l'exploration de la fonction respiratoire permettent également d'opposer les deux types de coureurs.

L'intérêt pratique de ces notions réside dans la surveillance de ces modifications électrocardiographiques au cours de l'entraînement et dans le fait que le médecin dispose aussi de meilleurs critères de sélection et d'orientation sportive.

Enfin, l'étude de ces phénomènes a un intérêt général dans la mesure où ces types d'efforts sportifs, par leur caractère anormal, réalisent chez l'homme de véritables expériences de physiologie cardio-pulmonaire.

Vu :

Le Doyen de la
Faculté de Médecine de Paris

Vu :

Le Président de Thèse

Vu et permis d'imprimer

Le RECTEUR
de l'Académie de Paris

Bibliographie

1. Fabge (R.), Merklen (L.), Chailley-Bert (P.), - Education physique et contrôle médical . J.B. Baillière, édit., Paris.
2. Bangou (H.) - Contribution à l'étude du coeur des sportifs - Thèse de Paris, 14 novembre 1952.
3. Doliopoulos (T.), Bangou (H.) (Clin. Cardiol.F. Méd. Paris) - L'électrocardiogramme unipolaire chez le sportif - Cardiologia, 1953, 22, n° 3, 169-76.
4. Merchet (R.J.A.) - Electrocardiographie de l'effort statique et de l'effort dynamique - Thèse de Paris, 1954, n° 936, 54 pages.
5. Kaskassiades (D.) - Contribution à l'étude électrocardiographique du coeur après effort - Thèse de Paris, 1954. n° 596, dact.
6. Maillart (Cl.E.J.) - Modifications paradoxales de l'E.C.G. observées après épreuve d'effort - Thèse de Paris, 1953, n° 935, dact.
7. Chardavoine Mlle (R.-S.) - Etude clinique et électrocardiographique du test de Flack (Essai d'interprétation de sa physiologie) - Thèse de Paris, 1954, n° 595, dact.
8. Wyss (V.) - Caractères morphologiques et électrocardiographiques du coeur de champion de natation - Bull. Soc. ital. Biol., sper., 1953, 29, n° 12.
9. Beckner (G.L.) et Winsor (T.) - Adaptation cardiovasculaire à l'effort prolongé. Circulation U.S.A. (1954), 9, n° 6, 835-46, bibl.
10. Merklen (J.F.), Dailheu-Geoffroy (P.) - L'électrocardiogramme de posture et d'effort chez le sujet normal - Soc. Fr. de Cardiol., 18 décembre 1949.
11. Celice (J.), Plas (F.), Himbert (J.), Bourdinaud (J.) - Exploration du coeur droit par le test d'hyperpression expiratoire contrôlée - Méd. aéronaut., 1er trimestre 1953.
12. Kimura (N.), Simonson (E.) (U. Minnesota, Minneapolis) - L'effet d'un travail musculaire modéré ou pénible sur l'électrocardiogramme spatial - Amer. Heart J., 1953, 45, n° 676-82.
13. Andrivet (R.) - Sur les modifications cardio-tensionnelles dues à l'entraînement - Monographie Inst. Nat. des Sports, série A, n° 4, Paris, 1953.
14. Grandpierre (R.) - Revue des principales méthodes d'exploration de la fonction respiratoire - Méd. aéronaut., 2° trim. 1951.

15. Dejours (P.), Moumouzias (N.), Teillac (Andrée) - Modifications respiratoires, cardiaques et vasculaires précoces de travail musculaire. Etude du mécanisme réflexe - J. Phys. tome 46, n° 1, 1954, 334-339, bibl
16. Cabrera (E.) - Bases électrophysiologiques de l'électrocardiographie. Masson édit. 1948.
17. Fattorusso et Ritter - Atlas d'électrocardiographie - Masson édit.
18. Koeplin (F.) - Sur la morphologie et la physiologie du coeur du sportif. - Schweiz méd. W. Schr. 1950, 80, n° 39, 1053, 7, Bâle.
19. Pruche (S.) - Modifications de l'E.C.G. au cours des exercices - Arc. mal. coeur 1946, 5-6, 196.
- 20 - Chailley-Bert (P.), Plas (F.) - Les épreuves cardiaques fonctionnelles. Etude clinique, physiologique et électrocardiographique - Méd. éduc. Phys. 3^e trimestre 1956, n° III.
21. Leclercq (J.) - Electrocardiogrammes de posture, d'effort et d'apnée chez le sportif entraîné - Monographie Inst. Nat. Sports, série A, n° 2, 1952.
22. Leclercq (J.) - L'électrocardiographie en médecine sportive - Monographie Inst. Nat. des Sports - Série A, n° 6, 1954.
23. Leclercq (J.) - Actualités cliniques et physiologiques en médecine sportive - J.B. Baillière et Fils, édit. - Paris 1957.
24. Plas (F.), Talbot (P.) - Troubles cardiaques en rapport avec la pratique sportive - Méd. Educ. Physique et Sport, 2^e trimestre 1956, n° 11.
25. Chailley-Bert (P.), Plas (F.) - Physiologie des activités physiques - J.B. Baillière et Fils, édit. 1962, 381 pages.
26. Abugattas - « El electrocardiogram a de ideportiva » - Rev. per. card., vol. 1, avril, mai et juin 1952, pp. 155-159.
27. Bellin du Coteau (M.) - Les efforts: leur retentissement cardiopulmonaire; le coeur sportif - Bull. de l'Acad. de Médecine, vol. 91, p. 383.
28. Freedman (M.E.), Snider (G.L.), Brostoff (P.), Kimelblot (S.), Katz (L.N.) - Effects of training on response of cardiac output to muscular exercises in athletes - Jour. of App. Physiology 1955, vol. 8, p. 37.
29. Klemola (E.) - Observations électrocardiographiques sur 650 athlètes finlandais - Ann. Méd. Int. Fennias, 1949, vol. 19, p. 152.

30. Lenegre (J.), Scebat (L.), Bresson (H.), Benchemoul (F.) et Damien (J.) -
Etude de la pression capillaire pulmonaire dans différents types de cardiopathies -
Arch. des mal. du coeur, 1958, vol. 46, p. 1.
 31. Dexter (L.), Whittenberger (J.-J.), Haynes (F.W.), Goodale (W.T.), Gorlin (R.),
Sawer (C.) - Effects of exercise on circulatory dynamics of normal individuals -
Jour. of Appl. Physiology, 1951, vol. 8, p. 439.
 32. Reindell (H.) - Ueber den Kreislauf der Trainierten. Ueber die Restblutmenge des
Herzen - Arch. Kreislauf Forsch. Vol. 12, p. 265, 1943; et Méd. Educ. Phys. et Sport,
1955, n° 1, p. 29-37.
 33. Sancetta (S.M.) et Kleinermann (J.) - Effects of mild steady state exercise on total
pulmonary resistance of normal subjects and those with isolated aortic valvular lesions -
Amer. Heart Journ., 1957, vol. 53, p. 404.
 34. Slonin (N.B.), Ravin (A.), Bolchum (O.J.) et Dressler (S.H.) - The effect of mild
exercise in the supine position on the pulmonary arterial pressure for five normal human
subjects - Journ. of Clin. Investigation, 1954, vol. 33.
 35. Cureton Jr. (T.K.) - Physical fitness of champion athletes - The University of Illinois
Press, Urbana, 1951, 458 pages (E.C.G. 137-227).
 36. Pijade (R.) - Variations du volume et de la surface cardiaque dans la pratique des
sports - XII^e Congrès International de Méd. Sportive, p. 252-253.
 37. Friedberg (C.K.) - The mechanisms of chronic pulmonary heart disease with and without
arterial hypoxemia. Progress in cardiovascular diseases - Grune et Stratton édit. vol.1 -
n° 3, février 1959.
 38. Zdansky (A.) - La radiologie dans le problème du coeur sportif - Wiener klin. Wochens.,
1947, vol. 59, pp. 393 - 397.
-

